

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 274 685
A3

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 87118446.1

(51) Int. Cl. 4: G10K 11/00 , H04R 1/44

(22) Anmeldetag: 12.12.87

(30) Priorität: 15.12.86 DE 3642747

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.07.88 Patentblatt 88/29(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL SE(68) Veröffentlichungstag des später veröffentlichten
Recherchenberichts: 30.08.89 Patentblatt 89/35(71) Anmelder: KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
Postfach 44 85 45 Sebaldsbrücker
Heerstrasse 235
D-2800 Bremen 44(DE)(72) Erfinder: Arens, Egidus, Dipl.-Ing.
Cordstrasse 13
D-2807 Achim(DE)

(54) Hüllkörper für eine Hydrophonanordnung.

(57) Hüllkörper sind mechanischer und akustischer Schutz für eine Hydrophonanordnung. Durch Formgebung und Materialwahl werden Strömungsgeräusche vermindert, Kavitation vermieden und akustische Transparenz für Wasserschall erreicht. Der neue Hüllkörper soll gleichzeitig eine Abstrahlung von Störschall vermeiden, der durch Körperschall vom Trägerfahrzeug erzeugt und auf den Hüllkörper übertragen wird.

Die Wandung des Hüllkörpers ist als Schichtverbund ausgebildet aus einer oder mehreren formsteifen Schichten (60, 61) als tragendem Element und darauf und dazwischen angeordneten Dämpfungsschichten (62) für BiegeWellen. Durch Materialwahl und Dimensionierung wird die akustische Transparenz für Wasserschall erzielt.

Bug- und Kieldome sowie Seitenhüllkörper sind mit einem solchen Schichtverbund realisierbar.

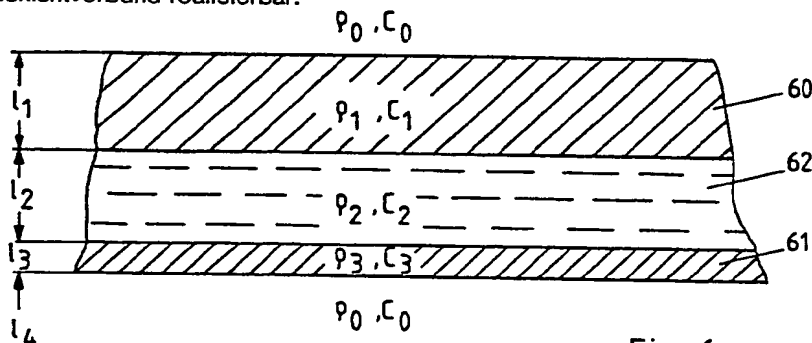


Fig. 6

Xerox Copy Centre

EP 0 274 685 A3



EP 87 11 8446

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
X	US-A-3 038 551 (McCOY et al.) * Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 2, Zeile 39; Spalte 3, Zeilen 3-35; Figuren 1,2 *	1	G 10 K 11/00 H 04 R 1/44
A	---	3,5-7,9 -11	
X	US-A-3 136 380 (McCOY et al.) * Spalte 1, Zeile 72 - Spalte 2, Zeile 57; Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 4, Zeile 2; Figuren 1-4 *	1	
A	---	3,5-7,9	
X	US-A-2 444 911 (BENIOFF) * Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 3, Zeile 23 *	1	
A	---	3,4,9	
A	US-A-3 562 089 (WARNAKA et al.) * Spalte 1, Zeilen 36-56; Spalte 3, Zeilen 65-75; Figur 1 *	2,8-10	
	-----		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			G 10 K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 07-06-1989	Prüfer ANDERSON A. TH.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04/03)



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 87118446.1

Int. Cl.⁴ G10K 11/00, H04R 1/44

Anmeldetag: 12.12.87

Priorität: 15.12.86 DE 3642747

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.07.88 Patentblatt 88/29

Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL SE

Anmelder: KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
Postfach 44 85 45 Sebaldsbrücker
Heerstrasse 235
D-2800 Bremen 44(DE)

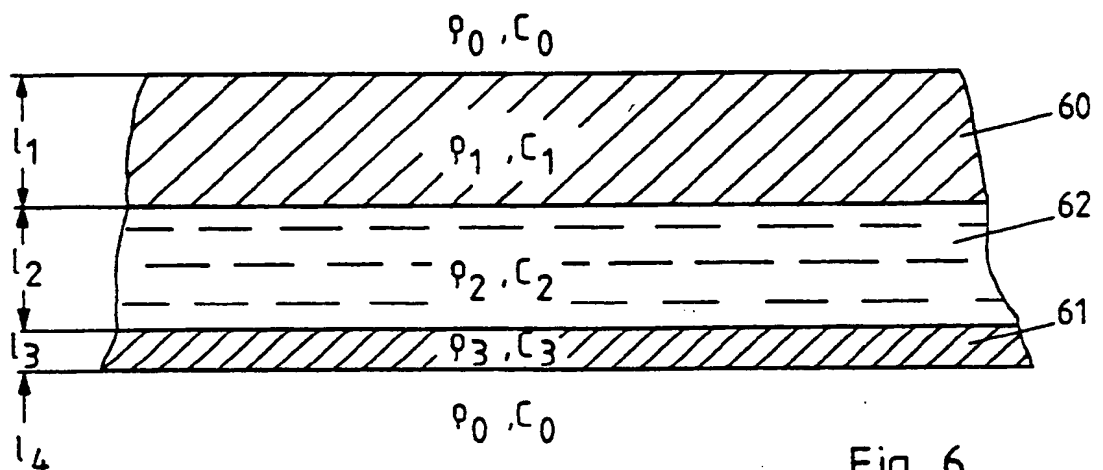
Erfinder: Arens, Egidus, Dipl.-Ing.
Cordstrasse 13
D-2807 Achim(DE)

Hüllkörper für eine Hydrophananordnung.

Hüllkörper sind mechanischer und akustischer Schutz für eine Hydrophananordnung. Durch Formgebung und Materialwahl werden Strömungsgeräusche vermindert, Kavitation vermieden und akustische Transparenz für Wasserschall erreicht. Der neue Hüllkörper soll gleichzeitig eine Abstrahlung von Störschall vermeiden, der durch Körperschall vom Trägerfahrzeug erzeugt und auf den Hüllkörper übertragen wird.

Die Wandung des Hüllkörpers ist als Schichtverbund ausgebildet aus einer oder mehreren formsteifen Schichten als tragendem Element und darauf und dazwischen angeordneten Dämpfungsschichten für Biegewellen. Durch Materialwahl und Dimensionierung wird die akustische Transparenz für Wasserschall erzielt.

Bug- und Kioldome sowie Seitenhüllkörper sind mit einem solchen Schichtverbund realisierbar.



EP 0 274 685 A2

Hüllkörper für eine Hydrophonanordnung

Die Erfindung betrifft einen Hüllkörper für eine Hydrophonanordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

In der Wasserschalltechnik werden Hydrophonanordnungen zum Senden und Empfangen von Schallwellen eingesetzt. Die Hydrophonanordnung weist beispielsweise die Form einer Zylinderbasis oder einer Flachbasis auf und ist an der Außenwandung eines Trägerfahrzeugs, z. B. eines Oberflächenschiffs oder U-Boots, befestigt. Ein Hüllkörper für die Hydrophonanordnung ist ebenfalls an die Außenwandung des Trägerfahrzeugs montiert und bildet ihren äußeren Abschluß. Zur besseren akustischen Ankopplung der Hydrophonanordnung an das umgebende Wasser, über das die Schallwellen beim Senden und/oder Empfang übertragen werden, ist der Hüllkörper mit Wasser gefüllt oder durchflutet.

Der Hüllkörper bietet für die Hydrophonanordnung einen mechanischen Schutz und durch seinen stromlinienförmigen Aufbau gleichzeitig einen akustischen Schutz gegen Strömungsgeräusche, die bei Fahrt entstehen, da an der Hydrophonanordnung selbst dann keine Wasserströmung auftritt. Auch bei hohen Fahrstufen kann die Gefahr von Kavitation durch entsprechende Formgebung des Hüllkörpers herabgesetzt werden.

Damit die Hydrophonanordnung ungestört Schallwellen empfängt, die von anderen Wasserfahrzeugen abgestrahlt werden, ist es erstrebenswert, daß der Hüllkörper einfallende Schallwellen weder reflektiert, noch dämpft. Es ist bekannt, Hüllkörper aus Gummi herzustellen, da ein solcher Werkstoff einen akustischen Wellenwiderstand aufweist, der ungefähr gleich dem des ihn umgebenden Wassers ist. Durch den geringen Impedanzsprung an der Hüllkörperaußenfläche sind Durchstrahlungsdämpfung und Reflexionsfaktor für einfallende Schallwellen niedrig. Wegen der geringen Festigkeit von Gummi gegen mechanische Verformung muß jedoch ein sehr hoher konstruktiver Aufwand getrieben werden, um einen formsteifen Hüllkörper mit guten akustischen Eigenschaften zu erhalten. Beispielsweise werden Stahlseile als Gerüst für eine Kugelform verwendet, die von einem Gummimantel umgeben sind. Ein solcher Hüllkörper wird mit Wasser gefüllt und unter Druck gesetzt.

Konstruktiv und herstellungstechnisch weniger aufwendig sind Hüllkörper aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK). Seine Schichtdicke wird entsprechend den statischen und dynamischen Belastungen dimensioniert. Ein solcher Hüllkörper ist beispielsweise in der DE-OS 31 50 456 angegeben, er kann für Hydrophonanordnungen, die zum Senden und/oder Empfangen von Schallwellen im Frequenzbereich bis zu 100 kHz ausgelegt sind, mit ausreichender Formsteifigkeit gebaut werden, ohne daß die akustische Transparenz des Hüllkörpers verlorengeht. Allerdings kann ein solcher Hüllkörper durch äußere mechanische Einflüsse, wie Körperschall in der Außenhaut des Trägerfahrzeugs oder Turbulenzen in der Strömung des ihn umgebenden Wassers, zu Biegeschwingungen angeregt werden, die vom Hüllkörper abgestrahlt und von der Hydrophonanordnung als Störschall empfangen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Hüllkörper der eingangs genannten Art zu schaffen, der neben einer guten akustischen Anpassung an das Wasser eine Übertragung von Störschall auf die Hydrophonanordnung verhindert.

Die Aufgabe ist bei einem Hüllkörper der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Hüllkörper weist als tragendes Element mindestens eine formsteife Schicht auf, die die Kontur des Hüllkörpers angibt. Die formsteife Schicht kann beispielsweise die innere Abschlußschicht des Hüllkörpers bilden, auf die eine Dämpfungsschicht für Biegewellen aufgebracht ist, oder von beiden Seiten mit Dämpfungsschichten beschichtet sein oder die äußere Abschlußschicht des Hüllkörpers bilden. Dämpfungsschicht und formsteife Schicht sind innig verbunden, sie wechseln sich ab und bilden einen Schichtverbund. Durch entsprechende Materialwahl wird eine geringe Durchstrahlungsdämpfung des Schichtverbundes für einfallende Schallwellen erreicht.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Hüllkörpers liegt in seiner Eigenschaft, eine Abstrahlung von durch Körperschall eingepprägten Biegewellen zu verhindern. Üblicherweise sind Hüllkörper und Hydrophonanordnung an einem Trägerfahrzeug befestigt. Auch bei einer Befestigung des Hüllkörpers beispielsweise in Stahlkonstruktion über Schwingmetalle an der Außenwandung des Trägerfahrzeugs, ist es nicht auszuschließen, daß der Hüllkörper breitbandig zu Biegeschwingungen durch Körperschall in der Außenwandung angeregt wird. Dieser Körperschall entsteht durch Antriebsaggregate und andere sich drehende Maschinen, die auf dem Trägerfahrzeug installiert sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Hüllkörper setzt jedoch jede Dämpfungsschicht auf oder zwischen formsteifen Schichten des Schichtverbundes die durch Körperschall eingekoppelten Biegewellen in Verformungs- und/oder Wärmeenergie um und sorgt dafür, daß trotz des formsteifen Aufbaus keine Biege-

schwingungen vom Hüllkörper als Störschall auf die Hydrophonanordnung übertragen werden.

Die formsteife Schicht und die Dämpfungsschicht können jede für sich aus Verbundwerkstoffen aufgebaut sein, um Forderungen bezüglich Festigkeit, akustischer Transparenz für Wasserschall und Dämpfungsverhalten für Biegewellen zu erfüllen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der akustische Wellen-
 5 widerstand des Schichtverbunds gleich dem von Wasser ist, also insgesamt gleich dem Produkt aus spezifischer Dichte ρ_0 und Schallausbreitungsgeschwindigkeit c des Wassers.

Der akustische Wellenwiderstand mehrerer Schichten ist mit Hilfe eines Gleichungssystems berechen-
 bar, wie es für Schichten unterschiedlicher Werkstoffe in "Die Grundlagen der Akustik" von Skudrzik,
 Springer-Verlag, 1954, Wien, auf Seite 519 im Kapitel 7 "Mehrere hintereinandergeschichtete $\lambda/4$ -oder $\lambda/2$ -
 10 Schichten" beschrieben ist.

Die erfindungsgemäße Weiterbildung des Hüllkörpers nach Anspruch 2 bietet den Vorteil, daß der Hüllkörper durch die nach außen abschließende Dämpfungsschicht gegen von außen eingeprägte Störeinflüsse geschützt ist, insbesondere Turbulenzen in der Strömung und Stöße, die gar nicht erst auf die formsteife Schicht übertragen werden, sondern sofort von der Dämpfungsschicht verzehrt werden.

Besonders vorteilhaft ist die Weiterbildung des Hüllkörpers nach Anspruch 3, da bei einer Aufteilung
 15 einer Gesamtdicke für die formsteife, tragende Schicht entsprechend den statischen und hydrodynamischen Belastungen des Hüllkörpers einzelne Schichtdicken im Schichtverbund verwendbar sind, die jeweils wesentlich kleiner als eine kleinste Wellenlänge der durch die Hydrophonanordnung empfangenen Schall-
 wellen ist. Ein solcher Schichtverbund ist biegesteifer als eine einzelne Platte mit der Gesamtdicke, da
 20 durch die Schichtaufteilung das Flächenträgheitsmoment erhöht wird, so daß eine hohe Festigkeit bei geringerem Materialeinsatz möglich wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß durch geringe Schichtdic-
 ken die akustische Transparenz des Verbundsystems für einen breiten Frequenzbereich gewährleistet ist. Die Verteilung der Gesamtdicke bringt weiterhin den Vorteil mit sich, daß dazwischenliegende dünne
 Dämpfungsschichten eine Ausbreitung und Übertragung von Biegewellen von Schicht zu Schicht verhin-
 25 dern. Dieser Effekt wird noch erhöht, wenn gemäß Anspruch 4 die Schichtdicken der formsteifen Schichten unterschiedlich sind, da sich Biegewellen gleicher Frequenz abhängig von der Schichtdicke mit unter-
 schiedlichen Geschwindigkeiten ausbreiten und somit ungleiche Kräfte an der oberen und unteren Begren-
 zung der Dämpfungsschicht angreifen.

Die Fertigung eines Hüllkörpers gemäß der Ausführungsform in Anspruch 5 ist besonders einfach,
 30 wobei es vorteilhaft ist, Werkstoffe für die formsteifen Schichten mit einer spezifischen Dichte und Schallausbreitungsgeschwindigkeit zu wählen, deren akustischer Wellenwiderstand größer als der von Wasser ist. Es eröffnet sich einem dadurch eine große Produktpalette, bei der sich als besonders vorteilhaft
 herausgestellt hat, gemäß Anspruch 6 und 7 Verbundwerkstoffe zu verwenden, bei denen bei großer
 Formsteifigkeit eine große Freiheit bei der Wahl des Materials für die Dämpfungsschicht erhalten bleibt, da
 35 ihre akustische Impedanz in der Größenordnung von der des Wassers liegt, wobei durch die Verwendung von kohlenfaserverstärkten Kunststoffen die akustische Transparenz des Schichtverbunds noch verbessert wird.

Die Ausführungsform des Hüllkörpers gemäß Anspruch 8 ist einfach zu fertigen. Besonders vorteilhaft
 ist es, die Dämpfungsschichten gemäß der Ausführungsform in Anspruch 9 aufzubauen, z. B. aus Gummi,
 40 Uraleit oder Polyurethan. Die Weiterbildungen der Erfindung gemäß den Ansprüchen 10, 11 und 12 bringen
 die Vorteile mit sich, daß durch Einlagerung zugfester Werkstoffe die Dämpfungswirkung erhöht wird und gleichzeitig der akustische Wellenwiderstand so erniedrigt werden kann, daß der gesamte Schichtverbund
 ungefähr einen akustischen Wellenwiderstand von Wasser aufweist.

Bei der Berechnung des akustischen Wellenwiderstandes des Verbundsystems als
 45 Übertragungsfunktion einer Mehrschichtplatte erhält man eine Dimensionierungsvorschrift für die Dicke der Dämpfungsschicht entsprechend Anspruch 13. Bei einem dreischichtigen Verbundsystem vereinfacht sich
 die Berechnung entsprechend Anspruch 14 unter der Voraussetzung, daß die Gesamtdicke klein gegen die
 kleinste Wellenlänge der zu empfangenen Schallwellen ist.

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen eines Hüllkörpers,
 50 nachfolgend näher beschrieben. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 einen Bugdom an einem Oberflächenschiff, teilweise geschnitten,

Fig. 2 einen Bug- und einen Seitenhüllkörper in einem U-Boot, jeweils teilweise geschnitten,

Fig. 3 einen Kiel dom an einem Oberflächenschiff,

Fig. 4 bis 6 jeweils ausschnittsweise einen Längsschnitt der Wandung der in Fig. 1 bis 3 gezeigten
 55 Hüllkörper.

Die äußere Formgebung eines Hüllkörpers für eine oder mehrere Hydrophonanordnungen ist abhängig vom Typ seines Trägerfahrzeugs und von der Art der Hydrophonanordnung. Fig. 1, 2 und 3 zeigen beispielhaft mögliche Varianten.

In Fig. 1 ist ein Abschnitt eines Oberflächenschiffs 10 mit einem Hüllkörper in Form eines Bugdoms 11 am Bug des Oberflächenschiffs 10 gezeigt. Im Bugdom 11 befindet sich eine Zylinderbasis 12 als Hydrophonanordnung, auf der Hydrophone angeordnet sind. Die Wandung des Hüllkörpers besteht aus einem Schichtverbund 13, der im folgenden noch näher erörtert wird.

Fig. 2 zeigt im Ausschnitt den Bug eines U-Boots 20, das vorn einen Bughüllkörper 21 mit einer Zylinderbasis 22 aufweist. Der Bughüllkörper 21 ist in die äußere Kontur des U-Bootes genau eingepaßt. Außerdem befindet sich auf dem U-Boot 20 ein Flank-Array, mit einem Seitenhüllkörper 23 und einem Streamer 24, der die Hydrophonanordnung bildet. In Fig. 3 ist ein Abschnitt des Bugs eines Oberflächenschiffes 30 dargestellt, in dessen Kiel ein Hüllkörper in Form eines Kieldom 31 für eine Flachbasis als Hydrophonanordnung vorgesehen ist. Alle diese Hüllkörper 21, 23 und 31 besitzen wie der Hüllkörper 11 in Fig. 1 eine Wandung aus einem Schichtverbund.

Jeder Schichtverbund weist generell als tragendes Element mindestens eine formsteife Schicht auf, die die Kontur des Hüllkörpers bestimmt und durchgehend ausgebildet ist. Die Schichtdicke dieser formsteifen Schicht wird entsprechend den zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen dimensioniert. Auf die tragende formsteife Schicht, die beispielsweise aus einem Verbundstoff, wie glasfaserverstärktem Kunststoff oder kohlenfaserverstärktem Kunststoff, besteht, ist mindestens eine Zusatzschicht aufgebaut, die als Dämpfungsschicht für BiegeWellen ausgelegt ist.

Bei der in Fig. 4 ausschnittsweise im Schnittbild dargestellten Wandung des Hüllkörpers besteht das tragende Element aus einer einzigen formsteifen Schicht 40. Sie ist im Schichtverbund mittig zwischen zwei Dämpfungsschichten 41 und 42 angeordnet. Die Dämpfungsschicht 42 bildet die äußere Abschlußschicht des Hüllkörpers und besteht beispielsweise aus Gummi, das inkompressibel und somit druckfest ist, eine Eigenschaft, die insbesondere bei Hüllkörpern für U-Boote verlangt sein muß. Die Dämpfungsschicht 41, die die innere Abschlußschicht des Hüllkörpers bildet, besteht beispielsweise aus viskoelastischem Material, in das zugfeste Fasern oder Matten eingebettet sind. Eine solche Dämpfungsschicht ist in der deutschen Patentanmeldung P 36 21 318 vorgeschlagen.

Das in Fig. 5 dargestellte Schnittbild der Wandung eines Hüllkörpers zeigt einen ebenfalls dreischichtigen, jedoch modifizierten Schichtverbund, dessen tragendes Element auf zwei formsteife Schichten 50 und 51 aufgeteilt ist. Zwischen den beiden formsteifen Schichten 50 und 51 ist eine Dämpfungsschicht 52 angeordnet. Die Schichtdicken der beiden formsteifen Schichten 50 und 51 bilden als Summe eine Gesamtdicke, die entsprechend den maximalen mechanischen Beanspruchungen ausgelegt ist. Die beiden formsteifen Schichten 50 und 51 sind aus gleichem Werkstoff.

Fig. 6 zeigt ein Schnittbild der Wandung eines Hüllkörpers aus einem Schichtverbund mit wiederum jeweils zwei formsteifen Schichten 60, 61 und einer dazwischenliegenden Dämpfungsschicht 62. Die Schichtdicken der formsteifen Schichten 60, 61 weisen jedoch unterschiedliche Dickenmaße l_1 und l_2 auf, sie werden wiederum entsprechend den mechanischen Beanspruchungen des Hüllkörpers und den verwendeten Materialien ermittelt. Die Dicke l_2 der Dämpfungsschicht 62 wird wie folgt berechnet:

Der Hüllkörper mit diesem Schichtverbund befindet sich im Wasser, das die spezifische Dichte ρ_0 und die Schallausbreitungsgeschwindigkeit c_0 aufweist, sein Innenraum ist mit Wasser gefüllt oder durchflutet. Die Materialien der formsteifen Schichten 60, 61 haben die spezifischen Dichten ρ_1 bzw. ρ_3 und die Schallausbreitungsgeschwindigkeiten c_1 und c_3 . Die Dämpfungsschicht 62 ist aus einem Material mit einer spezifischen Dichte ρ_2 und einer Schallausbreitungsgeschwindigkeit c_2 aufgebaut. Auf den Hüllkörper trifft eine Schallwelle mit einem Schalldruck p_0 und einer Schallschnelle v_0 . Die Wellenzahl $k_n = 2\pi/\lambda_n$ kennzeichnet die Wellenlängen $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ der Schallwelle im jeweiligen Material, die bei gleicher Frequenz f abhängig von den Schallausbreitungsgeschwindigkeiten c_0, c_1, c_2, c_3 in der entsprechenden Schicht sind. Die Indizierung $n = 1, 2, 3$, bezieht sich auf die Schichten im Schichtverbund, der Index $n = 0$ und 4 kennzeichnet die Größen im Wasser. Bei diesen Voraussetzungen ergibt sich für eine Schallwelle, die vom Wasser in den Schichtverbund eintritt, für die einzelnen Schichten ein Druck- und Schnelleverlauf wie folgt (vgl. Meyer Neumann "Physikalische und Technische Akustik", Vieweg, Braunschweig, 1967, Seite 30, Gleichung 1.93 und 1.94): Formsteife Schicht 60:

$$p_1 = p_0 \cos k_1 l_1 - j v_3 \rho_1 c_1 \sin k_1 l_1$$

$$v_1 = \frac{p_0}{\rho_1 c_1} \cos k_1 l_1 + j \frac{p_0}{\rho_1 c_1} \sin k_1 l_1$$

Dämpfungsschicht 62:

$$p_2 = p_1 \cos k_2 l_2 - j v_1 \rho_2 c_2 \sin k_2 l_2$$

$$v_2 = v_1 \cos k_2 l_2 + j \frac{p_1}{\rho_2 c_2} \sin k_2 l_2$$

Formsteife Schicht 61: $n = 3$

$$p_n = p_{n-1} \cos k_n l_n - j v_{n-1} \rho_n c_n \sin k_n l_n$$

$$v_n = v_{n-1} \cos k_n l_n + j \frac{p_{n-1}}{\rho_n c_n} \sin k_n l_n$$

und für den Innenraum des Hüllkörpers

$n = 4$: $\rho_n c_n = \rho_0 c_0$ und l_n ein beliebiger Abstand:

$$p_4 = p_3 \cos k_4 l_4 - j v_3 \rho_0 c_0 \sin k_4 l_4$$

$$v_4 = v_3 \cos k_4 l_4 + j \frac{p_3}{\rho_0 c_0} \sin k_4 l_4$$

Unter der Voraussetzung, daß die Schichtdicke l_n kleiner als die Wellenlänge λ_n ist, erhält man für den dreischichtigen Schichtverbund, der beidseitig an Wasser grenzt, folgende Dimensionierungsvorschrift, bei der die Schichtdicken und Materialauswahl für die formsteifen Schichten nach mechanischen Gesichtspunkten festgelegt werden:

$$(\rho_0 c_0)^2 = \frac{l_1 k_1 \rho_1 c_1 + l_2 k_2 \rho_2 c_2 + l_3 k_3 \rho_3 c_3}{\frac{l_1 k_1}{\rho_1 c_1} + \frac{l_2 k_2}{\rho_2 c_2} + \frac{l_3 k_3}{\rho_3 c_3}} \quad (\text{IV})$$

Aus Gleichung (IV) wird die Dicke l_2 der Dämpfungsschicht 62 im Schichtverbund von Fig. 6 ausgehend von einer Gesamtschichtdicke $l = l_1 + l_3$ der formsteifen Schichten 60, 61 mit den einzelnen Schichtdicken l_1 und l_3 aus gleichem Material mit $\rho_1 = \rho_3 = \rho$, $c_1 = c_3 = c$ und $k_1 = k_3 = k$ ermittelt zu:

$$l_2 = l \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot \frac{\left[1 - \left(\frac{Z_0}{Z} \right)^2 \right]}{\left[\left(\frac{Z_0}{Z} \right)^2 - 1 \right]} \quad (\text{V})$$

dabei ist:

$Z_0 = \rho_0 c_0$ akustischer Wellenwiderstand von Wasser.

$Z = \rho c$ akustischer Wellenwiderstand des Materials der formsteifen Schicht.

$Z_2 = \rho_2 c_2$ akustischer Wellenwiderstand des Materials der Dämpfungsschicht.

Ein Beispiel: Die formsteifen Schichten 60, 61 sind aus glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellt:

$$l_1 = 1,5 \text{ cm}, l_3 = 0,5 \text{ cm}, \rho = \rho_1 = \rho_3 = 1,5 \text{ g/cm}^3$$

$$c = c_1 = c_3 = 2000 \text{ m/s:}$$

$$Z = \rho c = 1,5 \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

Der akustische Wellenwiderstand Z_3 von Wasser beträgt

$$Z_0 = \rho_0 c_0 = 1 \cdot 1,5 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

Die Dämpfungsschicht besteht aus Hochdruck-Polyäthylen mit $\rho_2 = 0,9 \text{ g/cm}^3$ und $c_2 = 1000 \text{ m/s}$:

$$Z_2 = 0,9 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

Setzt man diese Größen in die Gleichung (V) ein, so erhält man die Dicke l_2 der Dämpfungsschicht:

$$l_2 = 1,4 \text{ cm.}$$

Ein solcher Schichtverbund bildet für in der Sonartechnik übliche Frequenzbereiche keinen nennenswerten Impedanzsprung im Wasser. Schallwellen werden also weder gedämpft, noch reflektiert.

Entsprechend Gleichung (IV) läßt sich für einen Schichtverbund aus beliebig vielen Schichten der Anzahl $i = 2, 3, 4, \dots, n$ folgende allgemeine Dimensionierungsvorschrift ableiten:

$$(\rho_0 c_0)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \rho_i}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\rho_i c_i^2}} \quad (\text{VI})$$

Abhängig von den mechanischen Anforderungen werden für die formsteifen Schichten die Schichtdicken und der Werkstoff ausgewählt. Die zugehörigen Werte für l , ρ und c werden in Gleichung VI eingesetzt. Es wird das Material für die Dämpfungsschichten ausgewählt und ρ , c eingesetzt. Aus Gleichung (VI) erhält man dann die Dickenmaße für die Dämpfungsschichten. Ein so dimensionierter Hüllkörper verhindert eine Abstrahlung von Störschall aufgrund von eingepprägten Biegewellen, weist keine Durchgangsdämpfung für einfallende Schallwellen auf und bildet auch keinen störenden Reflektor für die Schallwellen.

Ansprüche

1. Hüllkörper für eine Hydrophonanordnung, der wenigstens ein tragendes Element aufweist und an einem Trägerfahrzeug die Hydrophonanordnung überdeckend befestigt ist, dadurch gekennzeichnet, daß seine Wandung als Schichtverbund ausgebildet ist, daß der Schichtverbund eine oder mehrere formsteife Schichten (40 bzw. 50, 51 bzw. 60, 61), die das tragende Element bilden, und eine oder mehrere Zusatzschichten aufweist, die auf und/oder zwischen den formsteifen Schichten (40 bzw. 50, 51 bzw. 60, 61)

angeordnet sind, daß die Zusatzschichten als Dämpfungsschichten (41, 42 bzw. 52 bzw. 62) für durch Körperschall im Trägerfahrzeug oder äußere Einflüsse eingekoppelte Biegewellen ausgebildet sind und daß der Schichtverbund für einfallenden Wasserschall schalldurchlässig ausgebildet ist.

2. Hüllkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Schicht des Schichtverbundes eine Dämpfungsschicht (42) ist.

3. Hüllkörper nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke (l_1) der formsteifen Schichten jeweils wesentlich kleiner als eine kleinste Wellenlänge (λ_1) des Wasserschalls ist, die von der Hydrophonanordnung (12, 22, 24) gesendet und/oder empfangen wird, und die Summe der Schichtdicken eine Gesamtdicke ($l = l_1 + l_2$) entsprechend einer maximalen mechanischen Beanspruchung bildet.

4. Hüllkörper nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicken (l_1, l_2) der formsteifen Schichten (60, 61) unterschiedlich sind.

5. Hüllkörper nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß alle formsteifen Schichten (50, 51 bzw. 60, 61) aus gleichem Werkstoff bestehen.

6. Hüllkörper nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die formsteife Schicht (40 bzw. 50, 51 bzw. 60, 61) aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht.

7. Hüllkörper nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die formsteife Schicht (40 bzw. 50, 51 bzw. 60, 61) aus kohlenfaserverstärktem Kunststoff besteht.

8. Hüllkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungsschichten (41, 42) gleichen Aufbau und Materialien aufweisen.

9. Hüllkörper nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungsschicht (41, 42 bzw. 52 bzw. 62) aus elastischem oder viskoelastischem Material besteht.

10. Hüllkörper nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in das elastische oder viskoelastische Material zugfeste Fasern oder Matten eingebettet sind.

11. Hüllkörper nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern oder Matten aus Kohlenstoff sind.

12. Hüllkörper nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungsschicht (41, 42 bzw. 52 bzw. 62) Kevlar enthält.

13. Hüllkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (l_2) der Dämpfungsschichten abhängig von der spezifischen Dichte ($\rho_0, \rho_1, \rho_2, \rho_3$) und Schallausbreitungsgeschwindigkeit (c_0, c_1, c_2, c_3) des Wassers, der formsteifen Schicht (60, 61) sowie der Dämpfungsschicht (62) und abhängig von der Gesamtdicke ($l = l_1 + l_2$) der formsteifen Schichten dimensioniert ist.

14. Hüllkörper nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß für einen Schichtverbund aus zwei formsteifen Schichten (60, 61) aus gleichem Werkstoff und einer dazwischenliegenden Dämpfungsschicht (62) die Dicke (l_2) der Dämpfungsschicht (62) gleich dem Produkt aus Gesamtdicke (l) der formsteifen Schichten (60, 61) und dem Verhältnis der spezifischen Dichten (ρ_1, ρ_2) der formsteifen Schicht (60, 61) und der Dämpfungsschicht (62), multipliziert mit einem Quotienten zweier Differenzen ist, daß die eine Differenz gleich Eins abzüglich dem quadrierten Quotienten (Z_0/Z) aus akustischem Wellenwiderstand des Wassers und der formsteifen Schicht und die andere Differenz gleich dem quadrierten Quotienten (Z_0/Z_2) aus akustischem Wellenwiderstand des Wassers und der Dämpfungsschicht abzüglich Eins gebildet ist.

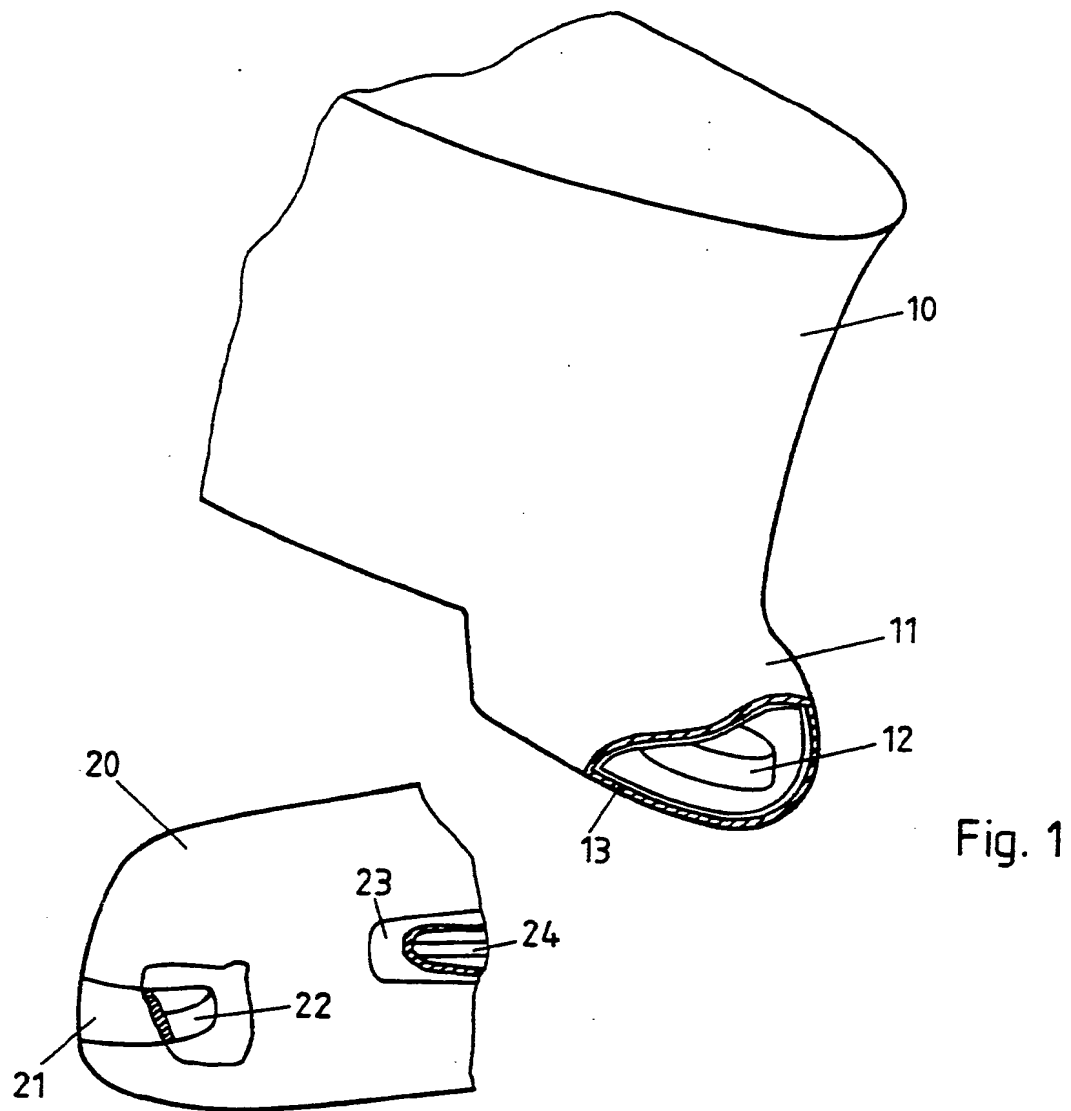


Fig. 2

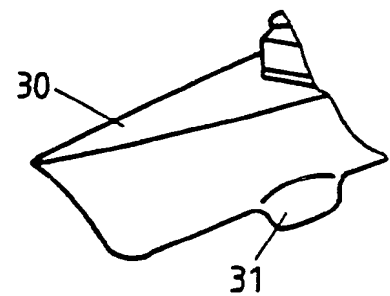


Fig. 3

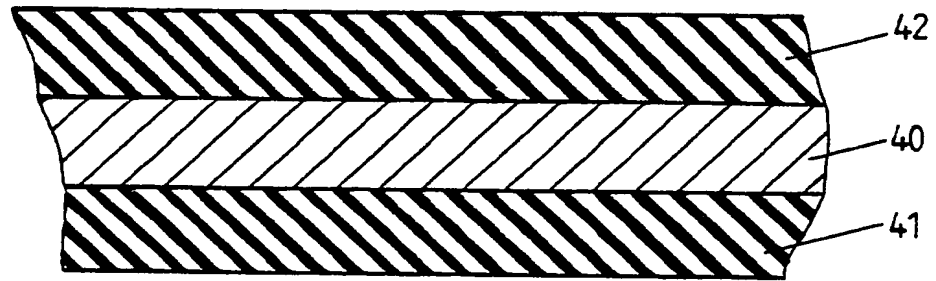


Fig. 4

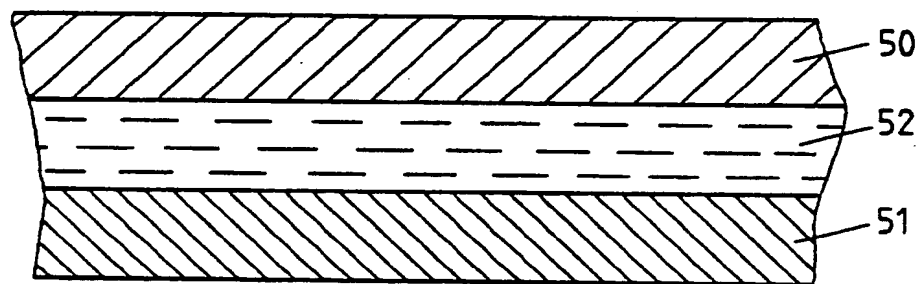


Fig. 5

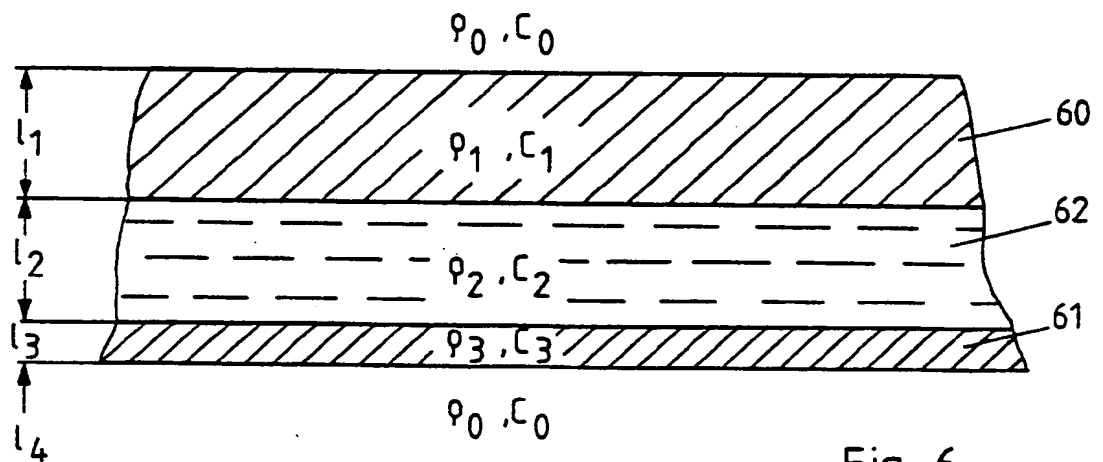


Fig. 6

THIS PAGE BLANK (USPTO)